

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年10月16日 (16.10.2003)

PCT

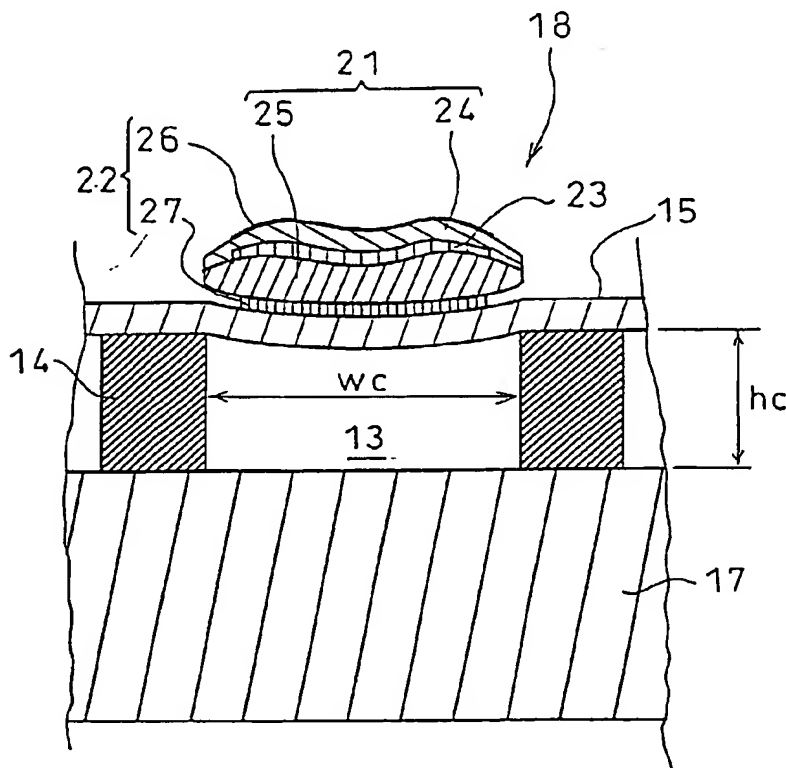
(10) 国際公開番号
WO 03/084758 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B41J 2/045 [JP/JP]; 〒163-0811 東京都 新宿区 西新宿 2 丁目 4 番 1 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/04535
- (22) 国際出願日: 2003 年 4 月 9 日 (09.04.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-106567 2002 年 4 月 9 日 (09.04.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 張 俊華 (CHANG, Junhua) [CN/JP]; 〒392-8502 長野県 諏訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 上柳 雅誉, 外 (KAMIYANAGI, Masataka et al.); 〒392-8502 長野県 諏訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社 知的財産本部内 Nagano (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, JP, US.

[続葉有]

(54) Title: LIQUID INJECTION HEAD

(54) 発明の名称: 液体噴射ヘッド



(57) Abstract: A liquid injection head capable of jetting droplets at a high frequency, comprising a multilayer piezoelectric vibrator (18) having an upper layer piezoelectric body (24) and a lower layer piezoelectric body (25) stacked on each other, a drive electrode (23) formed in a boundary between the upper layer piezoelectric body (24) and the lower layer piezoelectric body (25) and conducted to a drive signal supply source, a common upper electrode (26) formed on the surface of the upper layer piezoelectric body (24), and a common lower electrode (27) formed on the surface of the lower layer piezoelectric body (25), wherein the inertances of a nozzle opening (10) and an ink supply port (5) are set larger than the inertances of pressure generating parts (6, 13, 16).

(57) 要約: より高い周波数で液滴を吐出可能な液体噴射ヘッドを提供する。即ち、本発明は、圧電振動子 (18) を、互いに積層された上層圧電体 (24) 及び下層圧電体 (25) と、これらの上層圧電体 (24) 及び下層圧電体 (25) の境界に形成され、駆動信号の供給源に導通される駆動電極 (23) と、上層圧電体 (24) の表面に形成される共通上電極 (26) と、下層圧電体 (25) の表面に形成される共通下電極 (27) とを備える多層構造の圧電振動子 (18) によって構成すると共に、ノズル開口 (10) 及びインク供給口 (5) のイナータンスを、圧力発生部 (6, 13, 16) のイナータンスよりも大きく設定する。



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

液体噴射ヘッド

技術分野

- 5 本発明は、圧電振動子の変形によって圧力室内の液体に圧力変動を生じさせ、ノズル開口から液滴として吐出させる液体噴射ヘッドに関する。

背景技術

- 10 圧力室内の液体に圧力変動を生じさせることでノズル開口から液滴を吐出させる液体噴射ヘッドとしては、例えば、記録ヘッド、液晶噴射ヘッド、色材噴射ヘッド等がある。記録ヘッドは、プリンタやプロッタ等の画像記録装置に搭載されるものであり、インク液をインク滴として吐出させる。液晶噴射ヘッドは、液晶ディスプレイを製造するディスプレイ製造装置に用いられるものである。このディスプレイ製造装置では、多数のグリッドを有するディスプレイ基体の所定グリッドに、液晶噴射ヘッドから吐出させた液滴状の液晶を注入する。色材噴射ヘッドは、カラーフィルタを製造するフィルタ製造装置に用いられるものであり、フィルタ基体の表面に色材を吐出する。

- 20 このような液体噴射ヘッドには種々の形式があるが、その一種に、振動板の表面に形成された圧電振動子をたわみ変形させることで液滴を吐出させるようにしたものがある。この液体噴射ヘッドは、例えば、圧力室と圧電振動子とを備えたアクチュエータユニットと、ノズル開口や共通液室を備えた流路ユニットとから構成される。この液体噴射ヘッドでは、振動板上の圧電振動子を変形させることで圧力室容積を変化させ、圧力室内に貯留された液体に圧力変動を生じさせる。そして、この圧力変動を利用することでノズル開口から液滴を吐出させる。例えば、圧力室の収縮によって液体を加圧し、ノズル開口から液体を押し出す。

25 上記の圧電振動子としては、一般に、圧電体層と、この圧電体層の一方の表面に形成され、駆動信号の供給源に導通される駆動電極と、該圧電体層の他方の表面に形成される共通電極とを備える単層構造が一般的である。この圧電振動子の大きさは圧力室の開口面積で規定されるので、液体噴射ヘッドにおいて圧電振動

子の変位量は、 $0.11\mu\text{m}$ 程度が限界であった。これは、圧電振動子の変位量を上げるべく電極間の電位差を上げると、圧電振動子と振動板との接合面に応力集中が生じ、この接合面から圧電振動子が剥離してしまう問題があったからである。剥離を生じ難くするため圧電体層を厚く構成することも考えられるが、製造
5 に時間を要し、コストアップの原因となるので現実的ではない。

発明の開示

ところで、この液体噴射ヘッドには液滴の高周波吐出に対する強い要請があるが、高周波吐出を実現するためには圧力室の固有振動周期 T_c を短くする必要がある。これは、液滴の吐出タイミングがこの固有振動周期に依存して規定される
10 ことによる。

即ち、圧力室容積の変動によって液体には固有振動周期 T_c の圧力振動が生じ、メニスカス（ノズル開口で露出している液体の自由表面）もこの固有振動周期 T_c で振動する。即ち、メニスカスは、ノズル開口内にて吐出方向と圧力室方向
15 とに往復移動する。そして、吐出される液滴の量や飛行速度は、圧力室収縮時点でのメニスカスの状態（位置や移動方向）に依存して変化する。このため、量と飛行速度が揃った液滴を吐出させるためには、圧力室収縮時点におけるメニスカスの状態を揃える必要がある。その結果、液滴を連続的に吐出させる場合、その吐出タイミングは固有振動周期 T_c の n 倍に規定されることになり、液滴の高周
20 波吐出を実現するためには固有振動周期 T_c を短くすることが必須の要件となる。

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、より高周波数での液滴の吐出を実現可能な液体噴射ヘッドを提供することを目的とする。

この目的を達成するため、本発明は、共通インク室からノズル開口までのインク流路の途中に設けられた圧力発生部と、該圧力発生部の一部を区画する振動板
25 と、前記圧力発生部とは反対側の振動板表面に設けられた圧電振動子とを備え、共通インク室と圧力発生部との間にオリフィスとして機能する液体供給口を設け、振動板の変形によって圧力発生部内の液体を液滴としてノズル開口から吐出可能に構成した液体噴射ヘッドにおいて、

前記圧電振動子を、互いに積層された上層圧電体及び下層圧電体と、これらの上層圧電体及び下層圧電体の境界に形成され、駆動信号の供給源に導通される駆動電極と、上層圧電体の表面に形成される共通上電極と、下層圧電体の表面に形成される共通下電極とを備える多層構造の圧電振動子によって構成し、

- 5 前記ノズル開口及び液体供給口のイナータンスを、圧力発生部のイナータンスよりも大きく設定した。

この構成では、圧力発生部内の固有振動周期を可及的に短くすることができ、液滴の高周波駆動が実現できる。

10 図面の簡単な説明

第1図は、記録ヘッドの構成を説明する分解斜視図である。

第2図は、アクチュエータユニット及び流路ユニットを説明する断面図、並びに、ノズルプレートを説明する部分拡大図である。

第3図は、アクチュエータユニット及び流路ユニットを説明する断面図である

15 。

第4図は、圧力室の幅方向で切断したアクチュエータユニットの拡大断面図である。

発明を実施するための最良の形態

- 20 以下、本発明を実施するための最良の形態について説明する。ここでは、液体噴射ヘッドとして、インクジェット式記録ヘッド（以下、記録ヘッドという。）を例に挙げて説明する。この記録ヘッドは、プリンタやプロッタ等の画像記録装置に搭載されるものであり、例えば、第1図に示すように、流路ユニット2と、アクチュエータユニット3と、フィルム状の配線基板4とから概略構成されている。そして、流路ユニット2の表面には複数のアクチュエータユニット3を複数
- 25 横並びに接合し、流路ユニット2とは反対側のアクチュエータユニット3の表面には配線基板4を取り付けている。

流路ユニット2は、第2図（a）及び第3図の断面図に示すように、インク供給口5（本発明の液体供給口の一つ）となる通孔及びノズル連通口6の一部とな

る通孔を開設した供給口形成基板 7 と、共通インク室 8 となる通孔及びノズル連
通口 6 の一部となる通孔を開設したインク室形成基板 9 と、ノズル開口 10 を副
走査方向に沿って開設したノズルプレート 11 から構成されている。これらの供
給口形成基板 7、インク室形成基板 9、及び、ノズルプレート 11 は、例えば、
5 ステンレス製の板材をプレス加工することで作製されている。なお、これらの各
部材 7, 9, 11 の板厚に関し、本実施形態では、供給口形成基板 7 が $100\mu\text{m}$ 、
インク室形成基板 9 が $150\mu\text{m}$ 、ノズルプレート 11 が $80\mu\text{m}$ である。

また、これらの図では、流路ユニット 2 の一部分を示している。即ち、1 つの
アクチュエータユニット 3 に対応する部分を示している。本実施形態では 1 つの
10 流路ユニット 2 に 3 つのアクチュエータユニット 3 が接合されているので、イン
ク供給口 5、ノズル連通口 6、供給口形成基板 7、共通インク室 8 等は、アクチ
ュエータユニット毎に合計 3 組形成されている。

そして、流路ユニット 2 は、インク室形成基板 9 の一方の表面（図中下側）に
ノズルプレート 11 を、他方の表面（同上側）に供給口形成基板 7 をそれぞれ配
15 置し、これらの供給口形成基板 7、インク室形成基板 9、及び、ノズルプレート
11 を接合することで作製される。例えば、シート状の接着剤によって各部材 7,
9, 11 を接着することで作製される。

上記のノズル開口 10 は、直径が極く小さい円形状の流路であり、ノズル面
（ノズルプレート 11 の外表面）に向かう程に縮径したテーパ形状の流路であ
20 る。本実施形態では、ノズル面側の外側開口が直径 $20\mu\text{m}$ 、流路長がノズルプ
レート 11 の厚さと同じ $80\mu\text{m}$ 、テーパ角度が 35° である。

このノズル開口 10 は、第 2 図（b）に示すように、所定ピッチで複数個列状
に開設される。そして、列設された複数のノズル開口 10 によってノズル列 12
が構成される。例えば、92 個のノズル開口 10 で 1 つのノズル列 12 が構成さ
25 れる。また、このノズル列 12 は、1 つのアクチュエータユニット 3 に対して 2
列形成される。このため、本実施形態では、1 つの流路ユニット 2 に合計 6 列の
ノズル列 12 が横並びに形成される。

上記のインク供給口 5 は、ノズル開口 10 と同様に直径が極く小さい円形状の
流路であり、オリフィスとして機能する。このインク供給口 5 は、圧力室側（供

給側連通口側)の開口径が共通インク室8側の開口径よりも大きく、共通インク室8側へ向かう程に縮径したテーパ形状の流路である。本実施形態では、共通インク室8の外側開口が直径 $20\mu\text{m}$ 、流路長が供給口形成基板7の厚さと同じ $100\mu\text{m}$ 、テーパ角度が 35° である。

- 5 アクチュエータユニット3は、ヘッドチップとも呼ばれ、圧電アクチュエータの一種である。このアクチュエータユニット3は、第2図(a)に示すように、圧力室13となる通孔を開設した圧力室形成基板14と、圧力室13の一部を区画する振動板15と、供給側連通口16となる通孔及びノズル連通口6の一部となる通孔を開設した蓋部材17と、圧電振動子18とによって構成される。これ
- 10 ら各部材14, 15, 17の板厚に関し、圧力室形成基板14、及び、蓋部材17は、好ましくは $50\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $100\mu\text{m}$ 以上である。本実施形態では、圧力室形成基板14の厚さを $80\mu\text{m}$ とし、蓋部材17の厚さを $150\mu\text{m}$ としている。また、振動板15は、好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $3\sim12\mu\text{m}$ 程度である。本実施形態では振動板15の厚さを $6\mu\text{m}$ として
- 15 いる。

そして、このアクチュエータユニット3は、圧力室形成基板14の一方の表面に蓋部材17を、他方の表面に振動板15をそれぞれ配置し、これらの各部材14, 15, 17を一体化することで作製される。即ち、これらの圧力室形成基板14、振動板15、及び、蓋部材17は、アルミナや酸化ジルコニウム等のセラ

20 ミックスで作製されており、焼成によって一体化される。

例えば、グリーンシート(未焼成のシート材)に対して切削や打ち抜き等の加工を施して必要な通孔等を形成し、圧力室形成基板14、振動板15、及び、蓋部材17の各シート状前駆体を形成する。そして、各シート状前駆体を積層及び焼成することにより、各シート状前駆体は一体化されて1枚のセラミックスシートとなる。この場合、各シート状前駆体は一体焼成されるので、特別な接着処理

25 が不要である。また、各シート状前駆体の接合面において高いシール性を得ることもできる。

なお、1枚のセラミックスシートには、複数ユニット分の圧力室13やノズル連通口6等が形成されている。換言すれば、1枚のセラミックスシートから複数

のアクチュエータユニット 3（ヘッドチップ）を作製する。例えば、1つのアクチュエータユニット 3 となるチップ領域を、1枚のセラミックスシート内にマトリクス状に複数設定する。そして、圧電振動子 18 等の必要な部材を各チップ領域内に形成した後、このセラミックスシートをチップ領域毎に切断することで、

5 複数のアクチュエータユニット 3 を得る。

上記の圧力室 13 は、ノズル列 12 とは直交する方向に細長い直方体状の空部であり、ノズル開口 10 に対応する複数形成されている。即ち、第 2 図（b）に示すように、ノズル列方向に列設されている。本実施形態の圧力室 13 は、第 3 図及び第 4 図に示すように、高さ h_c が $80\ \mu\text{m}$ 、幅 w_c が $160\ \mu\text{m}$ 、長さ L_c が 1.1mm である。言い換えると、高さと幅と長さの比を、約 $1:2:14$ に設定している。ここで、圧力室 13 の長さ L_c を 1.1mm に設定したのは、

10 圧電振動子 18 の変位量が $0.17\ \mu\text{m}$ であることによる。即ち、圧電振動子 18 の変位量が $0.17\ \mu\text{m}$ に規定されたことに伴い、吐出させるインク滴の量（ $3pL$ 以下。後述する。）との兼ね合いで長さ L_c を 1.1mm に設定している。

15 そして、各圧力室 13 における長手方向一端は、ノズル連通口 6 を通じて対応するノズル開口 10 に連通する。一方、各圧力室 13 における長手方向他端は、供給側連通口 16 及びインク供給口 5 を通じて共通インク室 8 に連通している。さらに、この圧力室 13 の一部（上側表面）は、振動板 15 によって区画されている。

20 上記の圧電振動子 18 は、所謂撓み振動モードの圧電振動子 18 であり、圧力室 13 とは反対側の振動板表面に圧力室 13 毎に形成されている。この圧電振動子 18 は、第 3 図及び第 4 図に示すように、圧力室長手方向に細長いブロック状であり、その幅は圧力室 13 の幅と略等しく、本実施形態では $160\ \mu\text{m}$ である。また、圧電振動子 18 の長さは圧力室 13 の長さよりも多少長く、その両端部が

25 圧力室 13 の長手方向端部を越えるように配設されている。

本実施形態における圧電振動子 18 は、第 4 図に示すように、圧電体層 21 と共通電極 22 と駆動電極 23（個別電極）等によって構成され、共通電極 22 と駆動電極 23 とによって圧電体層 21 を挟んでいる。駆動電極 23 には個別端子を通じて駆動信号の供給源（図示せず）が導通され、共通電極 22 は例えば接地

電位に調整される。そして、駆動電極 2 3 に駆動信号が供給されると、駆動電極 2 3 と共通電極 2 2 との間には電位差に応じた強さの電場が発生される。この電場を圧電体層 2 1 に付与すると、圧電体層 2 1 は電場の強さに応じて変形する。

本実施形態の圧電振動子 1 8 において、圧電体層 2 1 は、互いに積層された上層圧電体（外側圧電体） 2 4 及び下層圧電体（内側圧電体） 2 5 から構成される。また、共通電極 2 2 は、共通上電極（共通外電極） 2 6 及び共通下電極（共通内電極） 2 7 から構成される。そして、この共通電極 2 2 と駆動電極 2 3 （個別電極）とが電極層を構成する。

なお、ここでいう「上（外）」或いは「下（内）」とは、振動板 1 5 を基準とした位置関係を示している。即ち、「上（外）」とあるのは振動板 1 5 から遠い側を示し、「下（内）」とあるのは振動板 1 5 に近い側を示している。

上記の駆動電極 2 3 は、上層圧電体 2 4 と下層圧電体 2 5 の境界に形成され、共通下電極 2 7 は下層圧電体 2 5 と振動板 1 5 との間に形成される。また、共通上電極 2 6 は下層圧電体 2 5 とは反対側の上層圧電体 2 4 の表面に形成される。即ち、この圧電振動子 1 8 は、振動板 1 5 側から、共通下電極 2 7、下層圧電体 2 5、駆動電極 2 3、上層圧電体 2 4、共通上電極 2 6 の順で積層された多層構造である。

そして、圧電体層 2 1 の厚さに関し、上層圧電体 2 4 及び下層圧電体 2 5 の厚さを何れも $10\ \mu\text{m}$ 以下に設定している。本実施形態では、上層圧電体 2 4 の厚さを $8\ \mu\text{m}$ に、下層圧電体 2 5 の厚さを $9\ \mu\text{m}$ に設定して合計の厚さを $17\ \mu\text{m}$ に設定している。さらに、共通電極 2 2 を含めた圧電振動子 1 8 の全体の厚さを約 $20\ \mu\text{m}$ にしている。このように圧電振動子 1 8 の厚さを設定できることから必要な剛性が得られ、振動板 1 5 のコンプライアンスを小さくできる。

上記の共通上電極 2 6 と共通下電極 2 7 は、駆動信号に拘わらず一定の電位に調整される。本実施形態において、これらの共通上電極 2 6 と共通下電極 2 7 は互いに導通され、接地電位に調整される。上記の駆動電極 2 3 は、駆動信号の供給源に導通され、供給された駆動信号に応じて電位を変化させる。従って、駆動信号の供給によって、駆動電極 2 3 と共通上電極 2 6 との間、及び、駆動電極 2 3 と共通下電極 2 7 との間には、それぞれ向きが反対の電場が生じる。

そして、これらの各電極 2 3, 2 6, 2 7 を構成する材料としては、例えば、金属単体、合金、電気絶縁性セラミックスと金属との混合物等の各種導体が選択されるが、焼成温度において変質等の不具合が生じないことが要求される。本実施形態では、共通上電極 2 6 に金を用い、共通下電極 2 7 及び駆動電極 2 3 に白金を用いている。

上記の上層圧電体 2 4 と下層圧電体 2 5 は共に、ジルコン酸チタン酸鉛 (P Z T) を主成分とする圧電材料によって作製されている。そして、上層圧電体 2 4 と下層圧電体 2 5 とは分極方向が反対である。このため、駆動信号印加時の伸縮方向が上層圧電体 2 4 と下層圧電体 2 5 とで揃い、支障なく変形することができる。即ち、上層圧電体 2 4 及び下層圧電体 2 5 は、駆動電極 2 3 の電位を高くする程に圧力室 1 3 の容積を少なくするように振動板 1 5 を変形させ、駆動電極 2 3 の電位を低くする程に圧力室 1 3 の容積を増やすように振動板 1 5 を変形させる。

そして、このような多層構造の圧電振動子 1 8 を用いることにより、駆動信号の供給に伴う圧電振動子 1 8 の変位量を $0.16 \mu\text{m}$ 以上としている。本実施形態では、変位量を $0.17 \mu\text{m}$ としている。この構成により、記録に必要な量のインク滴をノズル開口 1 0 から吐出可能に構成している。

また、多層構造の圧電振動子 1 8 を用いることにより、圧電振動子 1 8 のコンプライアンスをインクのコンプライアンス (後述する C_i) 以下に設定している。これにより、製造に起因する圧電振動子 1 8 のコンプライアンスばらつきの影響を低減することができ、飛行速度や量を各圧力室 1 3 の間で揃えてインク滴を吐出させることができる。

さらに、多層構造の圧電振動子 1 8 を用いた場合、各層の圧電体 2 4, 2 5 には、駆動電極 2 3 から各共通電極 2 6, 2 7 までの間隔 (即ち、各層圧電体の厚さ) と、駆動電極 2 3 と各共通電極 2 6, 2 7 の電位差とによって定まる強さの電場が付与される。このため、駆動電極と共通電極とで単層の圧電体を挟んだ単層構造の圧電振動子と比べた場合、各層の圧電体 2 4, 2 5 については単層の圧電体よりも薄く構成でき、さらに圧電振動子全体の厚さを多少厚くして変形部分のコンプライアンスを小さくしても、同じ駆動電圧で大きく変形させることがで

きる。また、各層圧電体 24, 25 が単層の圧電体よりも薄く構成できることから、応力を低減することもできる。

そして、このアクチュエータユニット 3 と上記の流路ユニット 2 とは、互いに接合される。例えば、供給口形成基板 7 と蓋部材 17 との間にシート状接着剤を介在させ、この状態でアクチュエータユニット 3 を流路ユニット 2 側に加圧することによって接着される。

この接着によって圧力室 13 の一端とノズル開口 10 との間がノズル連通口 6 によって連通される。また、圧力室 13 の他端とインク供給口 5 との間が供給側連通口 16 によって連通される。これらのノズル連通口 6 及び供給側連通口 16 は、断面円形状の流路によって構成されている。本実施形態のノズル連通口 6 は、直径が $125\ \mu\text{m}$ であって流路長が $400\ \mu\text{m}$ の流路によって構成されている。また、供給側連通口 16 は直径が $125\ \mu\text{m}$ で流路長が $150\ \mu\text{m}$ の流路によって構成されている。

上記構成の記録ヘッド 1 は、共通インク室 8 からインク供給口 5、供給側連通口 16、圧力室 13、及び、ノズル連通口 6 を通じてノズル開口 10 に至る一連のインク流路がノズル開口 10 毎に形成されている。使用時においてこのインク流路内はインクで満たされており、圧電振動子 18 を変形させることで対応する圧力室 13 が収縮或いは膨張し、圧力室 13 内のインクに圧力変動が生じる。このインク圧力を制御することで、ノズル開口 10 からインク滴を吐出させることができる。例えば、定常容積の圧力室 13 を一旦膨張させた後に急激に収縮させると、圧力室 13 の膨張に伴ってインクが充填され、その後の急激な収縮によって圧力室 13 内のインクが加圧されてインク滴が吐出される。さらに、ノズル開口 10 からインク滴が吐出されると、共通インク室 8 からインク流路内に新たなインクが供給されるので、続けてインク滴を吐出できる。

このように圧力室 13 内のインクに圧力変動を生じさせることでノズル開口 10 からインク滴を吐出させるようにした記録ヘッド 1 において、圧力室 13 内のインクには、その圧力変動に伴って圧力室 13 内が恰も音響管であるかのように振る舞う圧力振動（インクの固有振動）が励起される。

ここで、記録を高速化するためには、より多くのインク滴を短時間で吐出させ

る必要がある。この要求に応えるためには、圧力室 13 内のインクの固有振動周期 T_c を可及的に短く設定する必要がある。そして、この固有振動周期 T_c は式 (1) で表すことができる。

$$T_c = 2\pi \sqrt{\{(C_i + C_v) \times (M_u + 1/2 \times M_c) \times (M_s + 1/2 \times M_c) / (M_u + M_s + M_c)\}} \dots (1)$$

なお、 C_i : 圧力発生部内のインクのコンプライアンス、 C_v : 圧力室形成基板 14 の剛性コンプライアンス、 M_n : ノズル開口 10 のイナータンス、 M_s : インク供給口 5 のイナータンス、 M_c : 圧力発生部のイナータンスである。

ここで、圧力発生部とは、ノズル開口 10 とインク供給口 5 との間の一連の空部であり、この例では圧力室 13 とノズル連通路 6 と供給側連通路 16 とからなる一連の空部を意味する。本実施形態では、圧力室 13 の断面積、ノズル連通路 6 の断面積、及び、供給側連通路 16 の断面積が略等しいので、圧力発生部のイナータンス M_c は式 (2) で表すことができる。

$$M_c = \rho \times L_c / S_c \dots (2)$$

なお、 ρ : インク密度、 L_c : 圧力室 13 の長さ、 S_c : 圧力室 13 の断面積である。

また、インク供給口 5 のイナータンス M_s は式 (3) で表すことができる。

$$M_s = \rho \times L_s / S_s \dots (3)$$

なお、 ρ : インク密度、 L_s : インク供給口 5 の長さ、 S_s : インク供給口 5 の断面積である。

同様に、ノズル開口 10 のイナータンス M_n は式 (4) で表すことができる。

$$M_n = \rho \times L_n / S_n \dots (4)$$

なお、 ρ : インク密度、 L_n : ノズル開口 10 の長さ、 S_n : ノズル開口 10 の断面積である。

ここで、圧力発生部の流路長に関し、各基板の厚さは概ね所定厚さに定められてしまうことから、供給側連通路 16 の長さ及びノズル連通路 6 の長さは略一定値となる。このため、圧力発生部のイナータンス M_c は、実質的に圧力室 13 の長さ L_c によって支配されることになる。

また、圧力室形成基板 14 の剛性コンプライアンス C_v は、圧力室 13 のコン

プライアンスを支配的に規定する要素である。この剛性コンプライアンス C_v は圧力変化 ΔP に対する容積変化 ΔV であり、次式(5)のように表すことができる。

$$C_v = \Delta V / \Delta P \dots (5)$$

- 5 ここで、圧力室13のコンプライアンスばらつきを少なくする観点から、本実施形態では、剛性コンプライアンス C_v をインクのコンプライアンス C_i 以下に設定している。このように、剛性コンプライアンス C_v をインクのコンプライアンス C_i 以下に設定すると、圧力室13のコンプライアンスに占めるインクのコンプライアンス C_i の割合が剛性コンプライアンス C_v の割合よりも相対的に大
- 10 きくなるので、隣り合う圧力室13, 13同士を区画する隔壁や振動板15など圧力室構成部材の加工精度のばらつきがインク滴の吐出特性に影響し難くなる。
- そして、固有振動周期 T_c を可及的に短くする観点から、ノズル開口10及びインク供給口5のイナータンス M_n , M_s を、圧力発生部のイナータンス M_c よりも大きく設定している。また、上記したように、圧力室13の長さ L_c を可及
- 15 的に短くして圧力発生部のイナータンス M_c をノズル開口10のイナータンス M_n やインク供給口5のイナータンス M_s よりも小さくしている。このように、イナータンス M_c が小さくなると、インクのコンプライアンス C_i 及び剛性コンプライアンス C_v は圧力室13の長さ L_c に正比例して変化するため、同時にインクのコンプライアンス C_i 及び剛性コンプライアンス C_v も小さくなる。その結
- 20 果、固有振動周期 T_c を短くすることができる。なお、イナータンス M_c を小さくするために圧力室13の断面積 S_c を従来よりも広げる構成も考えられるが、この場合、インクのコンプライアンス C_i 及び剛性コンプライアンス C_v が大きくなってしまいうので、固有振動周期 T_c を短くすることはできない。

- また、圧力室13の長さ L_c を短くしてイナータンス M_c を小さくしているため、圧電振動子18の変位量(変形量)がその分減り、インク滴の量が少なくなる。このため極く小さいドットを記録することができる。そして、本実施形態では、上記したように、ノズル開口10の直径を $20 \mu m$ と従来(例えば $25 \mu m$)よりも小さく設定してノズル開口10のイナータンス M_n を大きくしているので、このインク滴を高速で吐出することができる。
- 25

さらに、本実施形態では、ノズル開口10及びインク供給口5のイナータンス M_n , M_s を、圧力発生部のイナータンス M_c の2倍以上に設定している。これは、圧力発生部に起因する固有振動周期 T_c の影響を確実に無効化するためである。

- 5 即ち、 $M_n \geq 2 \times M_c$ および $M_s \geq 2 \times M_c$ の関係が成立するように、圧力室13の長さを設定すると、具体的には、1.1mm以下の長さに設定すると、固有振動周期 T_c の値は、ノズル開口10及びインク供給口5のイナータンス M_n , M_s に依存して規定される。

- 10 このため、圧力室13に形状ばらつきが生じたとしても、ノズル開口10やノズル連通口6を寸法精度良く作製することにより、固有振動周期 T_c のばらつきを極く少なくすることができる。これにより、圧力室13毎のインク滴の特性ばらつきを極めて低くすることができる。

- 15 ところで、上記した様に、圧力室13の長さ L_c を短くしてイナータンス M_c を小さくしているため、圧電振動子18の変位量（変形量）はその分減る。この点に鑑み、本実施形態では、上記した様に多層構造の圧電振動子18を用い、圧電振動子18から発生される力を強くしている。この点でも、極く少量のインク滴（例えば6pL～3pLのインク滴）を高速で吐出させることができる。

- 20 その結果、固有振動周期 T_c を7 μ s以下（本実施形態では6.5 μ s）に短縮することができる。これにより、6pL以上のインク滴を50kHz以上の周波数で吐出することができる。また、3pL以下のインク滴を30kHz以上の周波数で吐出することができる。従って、1滴のインク量については従来よりも少なくすることができる一方、インク滴の吐出周波数については従来よりも高めることができるので、記録画像の高画質化と記録の高速化とを高いレベルで両立させることができる。

- 25 また、圧力室13の長さを従来よりも短くできたことから、コストダウンを図ることもできる。即ち、圧力室13の長さが従来よりも短いので、1枚のセラミックスシート内にレイアウトできるアクチュエータユニット3の数を増やすことができ、同じ製造工程（作業内容）であっても、従来よりも多くのアクチュエータユニット3を作製できる。また、同じ量の原材料から従来よりも多くのアクチ

ュエータユニット3を作製できる。このように、製造効率の向上が図れ、原材料費の節約も図れることから、記録ヘッド1のコストダウンを実現することができる。

さらに、圧力室13の寸法精度を従来よりもラフに設定しても固有振動周期 T_c を高い精度で揃えることができることから、歩留まりの向上も図れる。この点でも、記録ヘッド1のコストダウンが図れる。

産業上の利用の可能性

本発明は、上記したように、インク滴を吐出可能な記録ヘッドに適用することができる。また、液晶噴射ヘッドや色材噴射ヘッド等といった他の液体噴射ヘッドにも適用できる。

符号の説明

- 1 インクジェット式記録ヘッド
- 15 2 流路ユニット
- 3 アクチュエータユニット
- 4 配線基板
- 5 インク供給口
- 6 ノズル連通口
- 20 7 供給口形成基板
- 8 共通インク室
- 9 インク室形成基板
- 10 ノズル開口
- 11 ノズルプレート
- 25 12 ノズル列
- 13 圧力室
- 14 圧力室形成基板
- 15 振動板
- 16 供給側連通口

- 1 7 蓋部材
- 1 8 圧電振動子
- 2 1 圧電体層
- 2 2 共通電極
- 5 2 3 駆動電極
- 2 4 上層圧電体
- 2 5 下層圧電体
- 2 6 共通上電極
- 2 7 共通下電極

請求の範囲

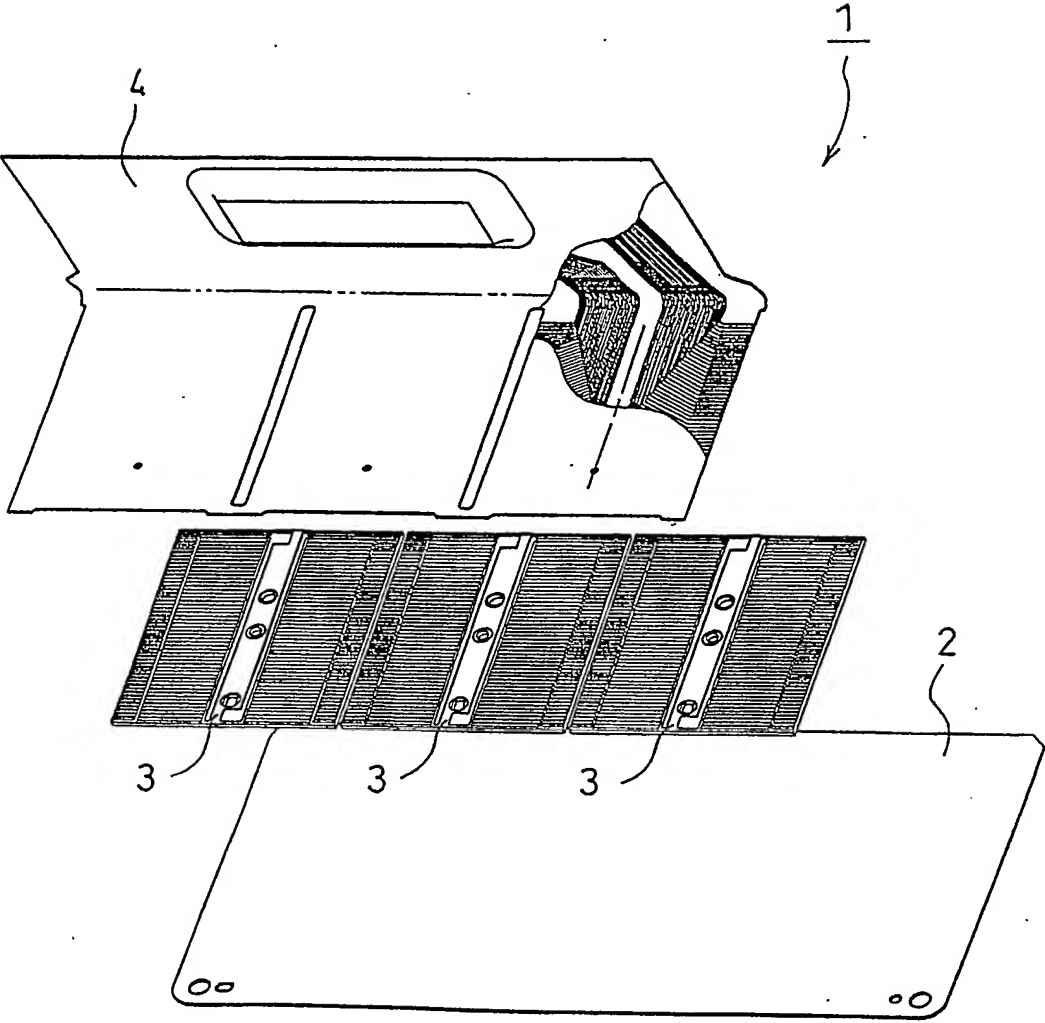
1. 共通インク室からノズル開口までのインク流路の途中に設けられた圧力発生部と、該圧力発生部の一部を区画する振動板と、前記圧力発生部とは反対側の振動板表面に設けられた圧電振動子とを備え、共通インク室と圧力発生部との間に
- 5 オリフィスとして機能する液体供給口を設け、振動板の変形によって圧力発生部内の液体を液滴としてノズル開口から吐出可能に構成した液体噴射ヘッドにおいて、
- 前記圧電振動子を、互いに積層された上層圧電体及び下層圧電体と、これらの上層圧電体及び下層圧電体の境界に形成され、駆動信号の供給源に導通される駆
- 10 動電極と、上層圧電体の表面に形成される共通上電極と、下層圧電体の表面に形成される共通下電極とを備える多層構造の圧電振動子によって構成し、
- 前記ノズル開口及び液体供給口のイナータンスを、圧力発生部のイナータンスよりも大きく設定したことを特徴とする液体噴射ヘッド。
2. 前記上層圧電体及び下層圧電体の厚さを、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下に設定したことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の液体噴射ヘッド。
- 15 3. 前記ノズル開口及び液体供給口のイナータンスを、圧力発生部におけるイナータンスの2倍よりも大きく設定したことを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載の液体噴射ヘッド。
4. 前記圧力発生部を、弾性板によって一面が区画され圧電振動子の変形によって容積が変化する直方体状の圧力室と、該圧力室の一端とノズル開口との間を連
- 20 通するノズル連通口と、前記圧力室の他端と液体供給口との間を連通する供給側連通口とから構成し、
- 前記圧力室の長さを 1.1 mm 以下に設定したことを特徴とする請求の範囲第1項から第3項の何れかに記載の液体噴射ヘッド。
- 25 5. 前記圧電振動子の変位量を、 $0.16\text{ }\mu\text{m}$ 以上に設定したことを特徴とする請求の範囲第1項から第4項の何れかに記載の液体噴射ヘッド。
6. 圧電振動子のコンプライアンスを液体のコンプライアンス以下に設定したことを特徴とする請求の範囲第1項から第5項の何れかに記載の液体噴射ヘッド。
7. 前記ノズル開口から吐出される液滴を 6 pL 以上とし、該液滴の吐出周波数

を 5 0 k H z 以上としたことを特徴とする請求の範囲第 1 項から第 6 項の何れかに記載の液体噴射ヘッド。

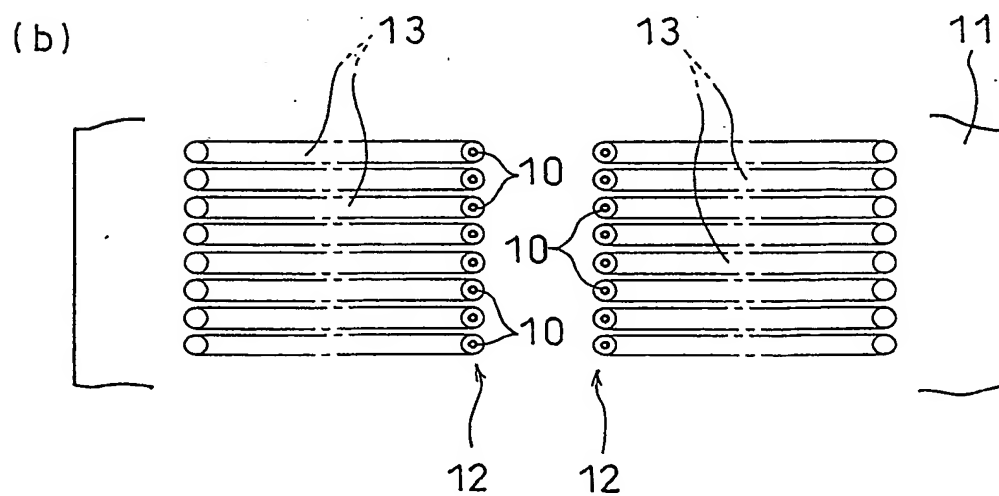
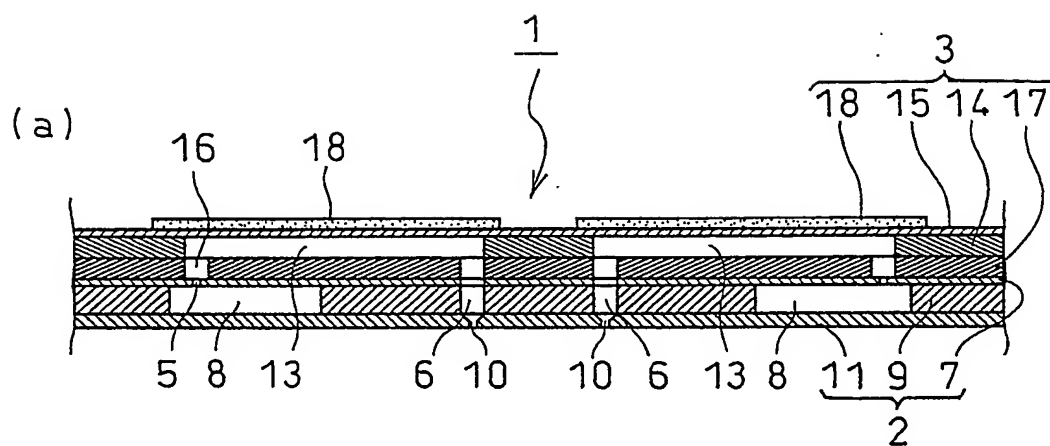
8. 前記ノズル開口から吐出される液滴を 3 p L 以下とし、該液滴の吐出周波数を 3 0 k H z 以上としたことを特徴とする請求の範囲第 1 項から第 6 項の何れかに記載の液体噴射ヘッド。

9. 前記圧力発生部の固有振動周期を 7 μ s 以下に設定したことを特徴とする請求の範囲第 1 項から第 8 項の何れかに記載の液体噴射ヘッド。

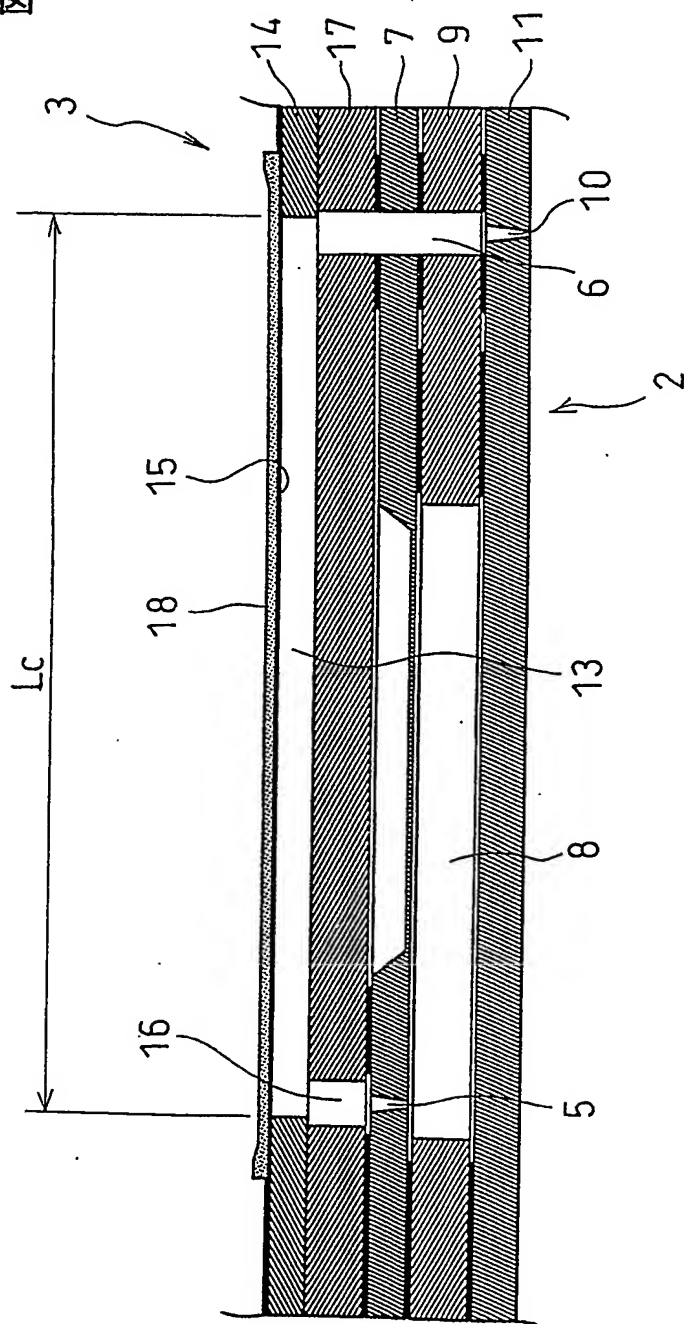
第 1 図



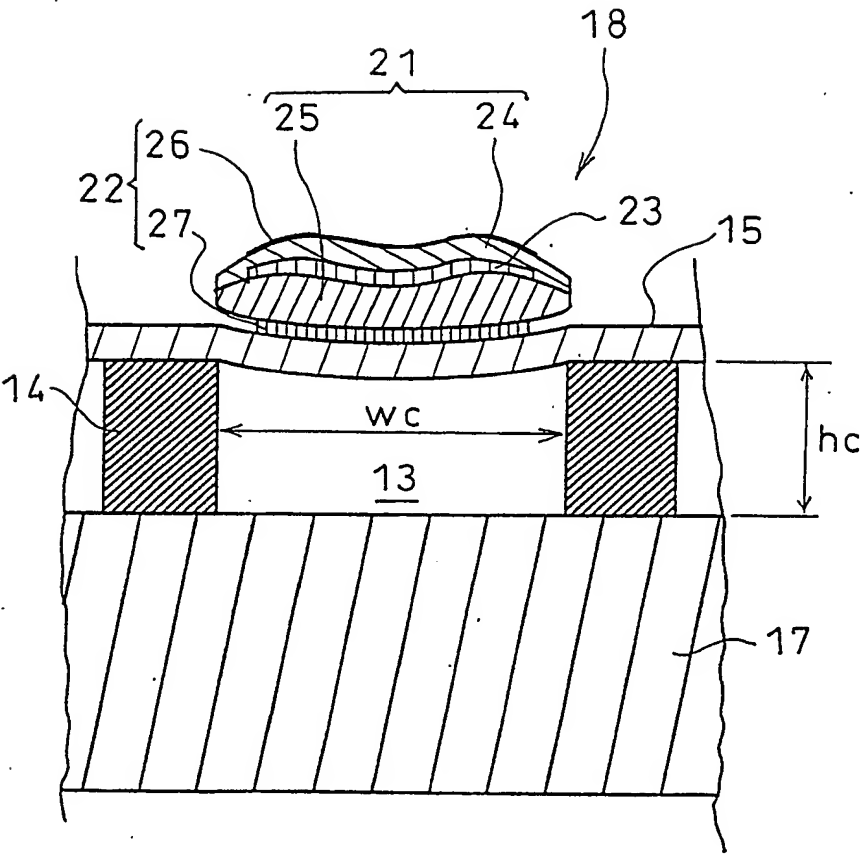
第2図



第3図



第 4 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04535

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ B41J2/045

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ B41J2/045

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-323410 A (Murata Mfg. Co., Ltd.),	1-5
Y	16 December, 1997 (16.12.97), Par. Nos. [0009], [0014], [0018]; Fig. 2 (Family: none)	6-9
Y	JP 2000-218787 A (Seiko Epson Corp.), 08 August, 2000 (08.08.00), Claims 1, 2 & EP 1024004 A	6-9
Y	JP 61-141566 A (Seiko Epson Corp.), 28 June, 1986 (28.06.86), Page 4, upper left column, line 7; Fig. 3 (Family: none)	7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
02 May, 2003 (02.05.03)

Date of mailing of the international search report
20 May, 2003 (20.05.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

PCT/JP03/04535

Relevant to claim No.

7,8

8

1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ B41J2/045

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ B41J2/045

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 9-323410 A (株式会社村田製作所) 1997. 12. 16, 【0009】, 【0014】, 【0018】, 図2 (ファミリーなし)	1-5 6-9
Y	JP 2000-218787 A (セイコーエプソン株式会社) 2000. 8. 8, 【請求項1】, 【請求項2】 & EP 1024004 A	6-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
02. 05. 03

国際調査報告の発送日
20.05.03

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
江成 克己



2P 7907

電話番号 03-3581-1101 内線 6216

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 6 1 - 1 4 1 5 6 6 A (セイコーエプソン株式会社) 1 9 8 6 . 6 . 2 8 , 第 4 頁 左 上 欄 第 7 行 , 第 3 図 (ファミリーなし)	7
Y	J P 2 0 0 0 - 1 1 7 9 7 2 A (日本電気株式会社) 2 0 0 0 . 4 . 2 5 , 【 0 0 0 9 】 & E P 1 1 2 9 8 5 3 A	7 , 8
Y	J P 1 1 - 3 2 0 8 8 9 A (ヒューレット・パカード・カン パニー) 1 9 9 9 . 1 1 . 2 4 , 【 0 0 1 2 】 & E P 9 5 5 1 6 6 A & U S 6 1 2 6 2 7 7 A	8
A	J P 1 1 - 1 2 9 4 6 8 A (セイコーエプソン株式会社) 1 9 9 9 . 5 . 1 8 , 全文 , 図 8 (ファミリーなし)	1 - 9